



PROGRAM REGIONALNY
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



WOJEWÓDZTWO
KUJAWSKO-POMORSKIE

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Mój region w Europie

I. BADANIE WŁAŚCIWOŚCI INTERFEJSÓW AUDIOWIZUALNYCH

Raport z badań

Okres realizacji 07.2014-12.2014

Projekt jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013 oraz ze środków budżetu Województwa Kujawsko-Pomorskiego

Spis treści

Wstęp.....	2
I. Przegląd literaturowy na temat zagadnień związanych z prototypowaniem interfejsów audiowizualnych w wybranych dziedzinach	3
II. Wytypowanie dostępnych koncepcji prototypowania audiowizualnego; wypracowania wspólnych metod, narzędzi analitycznych	20
III. Opracowanie metodologii, modelu matematycznego oraz algorytmów do szacowania pracochłonności projektów dotyczących prototypowania.....	31
IV. Implementacja opracowanych algorytmów i modeli matematycznych.....	35
V. Ewaluacja opracowanych implementacji algorytmów i modeli matematycznych z uwzględnieniem wyników testów	38
VI. Opracowanie ogólnego modelu prototypowania interfejsów audiowizualnych	39
Podsumowanie	41

Wstęp

Raport powstał jako efekt prac zespołu złożonego z pracowników naukowych Wyższej Szkoły Gospodarki w Bydgoszczy w składzie:

- a. dr Piotr Szymański - kierownik zespołu,
- b. dr Katarzyna Łukowska,
- c. mgr Robert Lauks,
- d. mgr Paulina Markiewicz,
- e. mgr Marta Sikora.

Badania były finansowane w ramach projektu pt. *"Przeprowadzenie badania podstawowego w zakresie możliwości wykorzystania elektronicznych systemów sterowania w badaniu funkcjonalności prototypów"* finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Kujawsko-Pomorskiego na lata 2007-2013 oraz ze środków budżetu Województwa Kujawsko-Pomorskiego.

Raport obejmuje okres badań od 01.07.2014 do 31.12.2014.

Niniejsze opracowanie składa się z następujących części.

Rozdział pierwszy to studia literaturowe nad zagadnieniami związanymi z prototypowaniem interfejsów audiowizualnych czyli związanymi z komunikacją człowiek-urządzenie za pomocą bodźców wzrokowych. W opracowaniu przedstawiono charakterystyki około 30 publikacji polskich i zagranicznych. Wykaz literatury stanowi punkt wyjścia do samodzielnych badań we wskazanym obszarze.

Rozdział drugi dotyczy przeglądu i ostatecznego wybrania koncepcji prototypowania audiowizualnego. Omówiono w nim propozycję metodyki tworzenia prototypów audiowizualnych. Dokonano uwspólniania różnych koncepcji oraz wskazano na różne ich zastosowania.

Rozdział trzeci dotyczy szacowania pracochłonności projektów obejmujących prototypowanie. Przedstawiono model matematyczny stanowiący narzędzie analityczne. W ramach tego rozdziału wskazano też algorytmy umożliwiające porównanie efektywności realizacji projektów.

Rozdział czwarty przedstawia możliwe sposoby implementacji rozwiązań wskazanych w rozdziale trzecim.

Rozdział piąty obejmuje ewaluację wskazanych modeli. Ewaluacja obejmowała wskazanie wad przedstawionego rozwiązania oraz możliwych kierunków poprawy w celu osiągnięcia większej efektywności szacowania i porównywania kosztów realizacji projektów.

Rozdział szósty to próba wskazania najbardziej ogólnej koncepcji modelowania prototypów audiowizualnych.

Opracowanie kończy się podsumowaniem.

I. Przegląd literaturowy na temat zagadnień związanych z prototypowaniem interfejsów audiowizualnych w wybranych dziedzinach

W rozdziale omówiono podstawową literaturę przedmiotu. Układ tabelaryczny pomaga w szybkim odnalezieniu interesującej pozycji. Opis publikacji to krótkie kilkuzdaniowe określenie zakresu publikacji.

Przedstawiona literatura stanowi punkt wyjścia do analiz dotyczących badania interfejsów audiowizualnych.

Lp.	Zapis bibliograficzny	Opis
1.	Walsh, K., Darby, D. (2008). <i>Neuropsychologia kliniczna Walsha</i> . Gdańsk: GWP.	Zawiera informacje dotyczące wpływów uszkodzeń poszczególnych struktur mózgu na procesy uczenia się i pamięci.
2.	D'Amato, Fletcher-Janzen, E., Reynolds, C. (red.). (2005). <i>Handbook of School Neuropsychology</i> . Hoboken: John Wiley & Sons.	Zbiór artykułów związanych ze szkolnictwem i procesami uczenia się w kontekście neuropsychologicznym.
3.	Hale, J., Fiorello, C. (2004). <i>Neuropsychology. A practitioner's handbook</i> . Nowy Jork: A Division of Guilford Publications.	Zbiór artykułów związanych ze szkolnictwem i procesami uczenia się w kontekście neuropsychologicznym.
4.	Żylińska, M. (2013). <i>Neurodydaktyka. Nauczanie i uczenie się przyjazne mózgowi</i> . Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika	Zbiór artykułów związanych ze szkolnictwem i procesami uczenia się w kontekście neuropsychologicznym.
5.	Anderson, R., Love, B., Tsai, M-J. (2014). Neuroscience perspectives for science and mathematics learning in technology-enhanced learning environments. <i>International Journal of Science and Mathematics Education</i> , 12, 467-474.	Artykuł przeglądowy, w którym autorzy zwracają uwagę na zastosowanie różnorodnych technik diagnostycznych (EEG, eyetracking) w badaniach nad uczeniem się, głównie przedmiotów ścisłych.
6.	Lai, M-L., Tsai, M-J., Yang, F-Y., Hsu, C-Y., Liu, T-C., Lee, S., Lee, M-H., Chiou, G-L., Liang, J-C., Tsai, C-C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. <i>Educational Research Review</i> , 10, 90-115.	Artykuł pokazuje, jak eyetracking stosowany jest w badaniach nad uczeniem się (artykuł przeglądowy). Zebrano dane z 81 prac z lat 2000-2012. Analizy wykazały, że zajmowano się takimi obszarami jak: przetwarzanie informacji, różnice indywidualne, efekty strategii uczenia się, wzory podejmowania decyzji.
7.	Schabus, M., Hödlmoser, K., Gruber, G., Sauter, C., Anderer, P., Klösch, G., Parapatics, S., Saletu, B., Klimesch, W., Zeitlhofer, J. (2006). Sleep	Zagadnienia: wrzeciona snu pojawiające się w drugiej fazie snu były już wcześniej uznawane za użyteczne wskaźniki rozwoju

	spindle-related activity in the human EEG and its relation to general cognitive and learning abilities. <i>European Journal of Neuroscience</i>, 23, 1738-1746.	i integralności Centralnego Układu Nerwowego, współcześnie powiązano je również z „przerabianiem offline (nieaktywnym) (‘offline re-processing’) zarówno utajonych jak i jawnych śladów pamięciowych. Ponadto, poddano dyskusji kwestię powiązania wrzecion snu z bardziej ogólnym procesem uczenia się lub zdolnościami poznawczymi. W obecnym badaniu wielośrodowym, sprawdzono związki automatycznie wykrywanych wolnych (<13 Hz) oraz szybkich (>13 Hz) wrzecion drugiej fazy snu z : i) Testem matryc Raven’a (sprawdzającym ogólne zdolności poznawcze); oraz ii) Poprawioną Skalą Pamięci Wechslera (oceniającą pamięć w różnych pod kategoriach. 48 zdrowych osób badanych spało trzy razy (w czasowym oddzieleniu jednego tygodnia) przez całą noc w laboratorium snu, podłączeni do aparatury polisomnograficznej. Udowodniono silne związki wolnych i szybkich wrzecion zarówno ze zdolnościami poznawczymi, jak i tymi związanymi z pamięcią – zostały odnalezione niezależnie od tego czy przed snem wystąpiło czy też nie wystąpiło uczenie się.
8.	Rabovsky, M., Sommer, W., Rahman, R.A. (2012). Depth of conceptual knowledge modulates visual processes during word reading. <i>Journal of Cognitive Neuroscience</i>, 24 (4), 990-1005.	Metody: lista słów znanych (np. kanapa) i rzadszych oraz EEG Badania sugerują, że wiedza konceptualna moduluje wczesne stadia rozpoznawania obiektów. W niniejszej pracy sprawdzono, czy podobne modulacje można zaobserwować dla rozpoznawania nazw przedmiotów, czyli dla symbolicznych reprezentacji, mających tylko arbitralny związek pomiędzy cechami wizualnymi a wiedzą pojęciową. W paradygmacie uczenia manipulowano ilością informacji przekazywanych na temat nieznanymi obiektów wizualnych kontrolując właściwości bodźców i ich ekspozycje. Podczas sesji z elektroencefalografem uczestnicy wykonywali różne zadania na przedmiotach bądź ich nazwach. Zarówno w kwestii przedmiotów, jak i nazw, efekty wiedzy (knowledge effects) były

		zaobserwowane już w ok. 120 milisekundzie w komponencie P1 ERP (Event-related potentials - potencjał wywołany zdarzeniem), odzwierciedlając procesy percepcyjne w pozapąrkowej korze wzrokowej. Wnioski: Modulacje zależne od wiedzy we wczesnych stadiach rozpoznawania wzrokowego słów sugerują, że informacje o znaczeniu słów mogą zaskakująco wcześniej modulować percepcję dowolnie powiązanych cech wizualnych.
9.	Meiri, H. (2011). Implicit learning processes of compensated dyslexic and skilled adult readers. <i>Developmental Neuropsychology</i>, 36 (7), 939-943.	W artykule przedstawiono wstępne wyniki dwóch zadań sprawdzających procesy utajonego uczenia się (zadanie werbalne i niewerbalne). Celem było ustalenie, czy osoby ze stwierdzoną w przeszłości dysleksją mają deficyty w uczeniu utajonym. Dyslektycy i grupa kontrolna poddawani byli porównaniu w dokładności i czasie czytania. Dodatkowo uzyskano obrazy EEG w każdej z grup. Wyniki sugerują, że czytelnicy z dysleksją w rzeczywistości mają deficyty w zakresie uczenia się utajonego, świadczą o tym wyniki w dokładności i komponencie P300 (ERP - potencjał wywołany). Deficyty te są bardziej widoczne, kiedy zadania mają charakter werbalny.
10.	Orlando, P., Rivera, R. (2004). Neurofeedback for elementary students with identified learning problems. <i>Journal of Neurotherapy</i>, 8(2).	Celem badania było ustalenie, czy podstawowe umiejętności czytania, czytanie ze zrozumieniem, czytanie łączne oraz wyniki na skali IQ mogą być ulepszone przy udziale neurofeedbacku. Stosując metodę pre – test i post – test, zadania z zakresu czytania i zdolności poznawczych zostały rozdane wśród uczniów 6,7 i 8 klasy, uznanych za mających problemy z uczeniem się. Zarówno grupa kontrolna, jak i grupa eksperymentalna zostały wybrane w sposób losowy. Za wyjątkiem trzech uczniów, wszyscy uczniowie w grupie kontrolnej i eksperymentalnej zostali w przeszłości zdiagnozowani ze Specyficznym

		Upośledzeniem Zdolności Uczenia się (<i>Specific Learning Disabilities</i>) lub z Innymi Upośledzeniami (ograniczenia) Zdrowia (<i>Other Health Impairments</i>) - zgodnie ze stanowymi i federalnymi wyznacznikami dla specjalnych usług edukacyjnych. U pozostałej trójki uczniów lekarz zdiagnozował ADHD, brali oni udział w programie „504 Accomodation Plan Method”. Badania rozpoczęły się w końcu sierpnia 2001 roku, od pozyskiwania pozwoleń od władz administracji i rodziców. Uczniowie rozpoczęli udział w badaniach od ostatniego tygodnia września, kończąc w ostatnim tygodniu kwietnia. Jeden dzień przeznaczony był na przeprowadzenie/pozyskanie QEEGs (zwanymi również „mapami mózgu”) uczniów z grupy eksperymentalnej. Protokoły badawcze oparte były na podstawie map mózgu oraz na klinicznej ocenie nauczycieli po ich uprzednich, regularnych spotkaniach z uczniami; ich psycho-edukacyjne ewaluacje również posłużyły do zaprojektowania protokołów. Następnie, wartości statystyczne pozyskane z biofeedbacku także wpłynęły na decyzje protokołów. Trening Neurofeedbacku został zapewniony tylko uczniom z grupy eksperymentalnej. Zarówno uczniowie z grupy kontrolnej jak i eksperymentalnej mieli swoje Zindywidualizowane Plany Edukacyjne (<i>Individualized Educational Plans – IEP</i>) lub plany nauczania z metody 504 oraz ogólne programy nauczania. Trening Neurofeedback’u trwał około 30 – 45 minut w każdym z jednogodzinnych bloków. Sesje przeprowadzane były co tydzień przez okres 7 miesięcy. Niektórzy uczniowie wzięli udział w większej ilości sesji niż inni, ze względu na nieobecności, wycieczki terenowe, egzaminowanie i inne kwestie związane z rytmem życia szkolnego i domowego. Średnia liczba sesji odbytych przez każdego ucznia to 28. Wyniki. Trening neurofeedbacku wpłynął na polepszenie wyników w testach czytania, w porównaniu z grupą, która nie przeszła takiego treningu. Znalezione znaczące interakcje pomiędzy neurofeedbackiem
--	--	--

		a czasem podstawowego czytania (<i>Basic Reading</i>). Wartości lambdy Wilksa (Λ) = .69, $F(1, 23) = 10.32$, $p < .01$ w przypadku czytania ze zrozumieniem, $\Lambda = .75$, $F(1, 23) = 7.62$, $p = .01$ przy łącznych wynikach ze skal czytania, $\Lambda = .65$, $F(1, 23) = 12.59$, $p < .01$. Trening neurofeedback był bardziej efektywny w kwestii polepszenia wyników zarówno Werbalnej jak i Pełnej skali IQ, w porównaniu z wynikami osób nie biorących udziału w treningu. Odkryto znaczące relacje pomiędzy neurofeedbackiem a czasem Werbalnego IQ ($\Lambda = .62$, $F(1, 21) = 12.71$, p
11.	Jäncke, L., Sandmann, P. (2010). Music listening while you learn: No influence of background music on verbal learning. <i>Behavioral and Brain Functions</i>, 6 (3)	Sprawdzano wpływ słuchania muzyki w tle na uczenie się werbalne i związaną z tym aktywność mózgową. Metody: specjalnie zaprojektowane utwory muzyczne (hałas był bodźcem kontrolnym). 75 osób zostało losowo przydzielonych do jednej z pięciu grup, w których uczono ich określonego materiału werbalnego (bez wartości semantycznej) - z muzyką i bez muzyki w tle. W każdej z grup panowały nieco inne warunki eksperymentu (różne rodzaje muzyki – różnice w tonie, głośności itp.). Jako zmienną zależną przyjęto liczbę nauczonych słów. Ponadto sprawdzano aktywność fal mózgowych przy użyciu aparatów EEG. Rezultaty: nie stwierdzono istotnego wpływu muzyki w tle na uczenie się werbalne. Dane EEG sugerują, że różne warunki akustyczne „tła” wywołują różne aktywacje w korze (powody tych aktywacji są niejasne).
12.	Manelis, A., Reder, L.M. (2012). Procedural learning and associative memory mechanism contribute to contextual cueing: Evidence from fMRI and eye-tracking. <i>Learning & Memory</i>, 19, 527-534.	Poprzez stosowanie eye trackingu wraz z fMRI w kontekstowym zadaniu z sygnałami (znakami wskazówkami) sprawdzano mechanizmy leżące u podstaw facylitacji (ułatwiania) wzrokowego poszukiwania powtarzanych konfiguracji przestrzennych. Kiedy konfiguracje

		dystraktorów były powtarzane, większa aktywacja w prawej części hipokampa korespondowała z większą redukcją w ilości sakad (serii mimowolnych ruchów gałek ocznych występujących przy przenoszeniu wzroku z obiektu na obiekt) skierowanych na lokalizację celu. Analiza psychofizjologicznych interakcji związanych z powtarzaniem konfiguracji wykazała silne funkcjonalne połączenie pomiędzy obszarem w prawej części hipokampa i lewym płaciku ciemieniowym górnym - znacząco mała bliżej końca wykonywanego zadania. Zmiany związane z treningiem (które nazywamy „proceduralnym uczeniem się”) w aktywacji skroniowo – potylicznych obszarów mózgu oraz obszarów ciemieniowych, zależne były od tego czy kontekst przestrzenny był powtarzany. Powtarzanie kontekstu ułatwia wzrokowe przeszukiwanie dużej ilości informacji, redukując ilość efektywnych dystraktorów, które muszą być przetworzone podczas przeszukiwania. Powtarzanie kontekstu wpływa na proceduralne uczenie się w sposób, który umożliwia ciągłe i efektywne aktualizowanie zbioru informacji.
13.	Foster, P., Harrison, D., Crucian, G., Drago, V., Rhodes, R., Heilman, K. (2008). Reduced verbal learning associated with posterior temporal lobe slow wave activity. <i>Developmental Neuropsychology</i>, 33 (1), 25-43.	Dzięki funkcjonalnemu obrazowaniu mózgu odkryto, że podczas werbalnej nauki słów następuje aktywacja w lewym tylnym obszarze skroniowo-ciemieniowym (PTPL). Celem tego badania było sprawdzenie, czy różnice pomiędzy ludźmi w zdolności uczenia się mogą wynikać z elektrofizjologicznych (EEG) pomiarów aktywacji lewego, a nie prawego tylnego obszaru skroniowo-ciemieniowego. Test Reya (RAVLT – The Rey Auditory Verbal Learning Test) został rozdany w grupie 42 mężczyzn, u których nie stwierdzono chorób (zaburzeń) neurologicznych. Pomiar fal delta dokonany został przy pomocy jakościowego elektroencefalografu (QEEG), zapisy przeprowadzono zarówno z lewego jak i prawego obszaru PTPL podczas gdy uczestnicy badania siedzieli w ciszy z zamkniętymi oczami. Aktywność fal delta jest odwrotnie proporcjonalna do aktywacji

		mózgowej (<i>cerebral activation</i>). Opierając się na zapisie wielkości (<i>magnitude</i>) fal delta, stworzono grupy porównawcze, oddzielając tych z wysokimi i niskimi delta w lewym i prawym obszarze PTPL. Skumulowana ilość nauczonych słów (CWL) w Teście Reya została obliczona poprzez odjęcie ilości słów przypominanych w pierwszej próbie od największej liczby słów przypominanych w czwartej lub piątej próbie oraz pomnożenie tej różnicy przez sumę słów przypominanych podczas wszystkich 5 prób. Grupa z większą aktywnością fal delta w lewym PTPL miała znacząco gorsze wyniki w CWL, w porównaniu z tymi, u których aktywność fal delta była mniejsza, aczkolwiek wyniki w CWL w grupach z większą <i>magnitude</i> delta prawego PTPL nie różnił się od grup, z mniejszą ilością prawostronnej delty. Nie zauważono żadnych znaczących różnic pomiędzy czołowym i ciemieniowym położeniem elektrod. Zmniejszona aktywacja lewego, ale nie prawego, PTPL wydaje się być związana z obniżoną zdolnością werbalnego uczenia się.
14.	Kraus, D., Horowitz-Kraus, T. (2014). The effect of learning on feedback-related potentials in adolescents with dyslexia: An EEG-ERP study. <i>PLoS ONE</i>, 9 (6)	Wykonanie zadania podczas testu sortowania kart Wisconsin we wczesnej i późnej fazie zadania umożliwia sprawdzenie procesów uczenia się i wdrażania nowych reguł. Badanie miało na celu sprawdzenie dwóch potencjałów związanych z procesami uczenia się – FRN i P300 podczas wykonywania testu WCST. Metody: Adolescenci z dysleksją oraz grupa kontrolna zostali przebadani skomputeryzowaną wersją testu sortowania kart Wisconsin. Zebrano również dane o czynnościach wykonawczych, umiejętnościach czytania, pamięci oraz innych procesach poznawczych stosując baterie testów służącą do badania poszczególnych funkcji. FRN i P300 sprawdzono za pomocą sprzętu EEG. Wnioski: Dyslektycy wykazują zmiany behawioralne oraz na poziomie

		elektrofizjologicznym podczas jednej serii badania testem sortowania kart Wisconsin. Jednakże wzorce uczenia się dla osób z dysleksją i bez tego zaburzenia wydają się być inne. Amplitudy FRN w wczesnej fazie zadania były znacznie mniejsze u osób z dysleksją, ale jednocześnie były równoważne wynikom osiąganym przez osoby bez zaburzenia w późniejszej fazie badania. Amplitudy P300 były mniejsze wśród czytelników z dysleksją i miały tendencję do dalszego obniżania się w późniejszej fazie. Różnice w amplitudach FRN na początku i w późnej fazie badania były skorelowane dodatnio z amplitudami P300 w całym badaniu.
15.	Studer, B., Koeneke, S., Blum, J., Jäncke, L. (2010). The effects of practice distribution upon the regional oscillatory activity in visuomotor learning. <i>Behavioral and Brain Functions</i>, 6 (8).	Celem badania było sprawdzenie efektów <i>massed practice</i> (uczenie się gdy materiał jest powtarzany kilkakrotnie w krótkim czasie) w porównaniu z <i>distributed practice</i> (uczenie się gdy materiał jest podzielony na kilka sesji w dłuższym czasie) podczas nauki materiału wzrokowo-ruchowego analizując oscylację aktywności w korze sensomotorycznej. Metody: Uczestnicy (N=30) badania wykonywali zadanie polegające na nauce materiału wzrokowo-ruchowego. Leżące u podstaw korelacje neuronalne badano za pomocą EEG. Grupa <i>massed practice</i> trenowała przez 60 minut bez przerwy, natomiast grupa <i>distributed practice</i> trenowała w czterech sesjach po 15 minut z przerwami między sesjami. Wyniki: Podczas gdy nie było różnicy między dwie grupami w samym wystąpieniu, były natomiast widoczne różnice w efektach pracy w regionalnej aktywności oscylacyjnej. Grupa <i>massed practice</i> w porównaniu z grupą <i>distributed practice</i> wykazywała wyższe związane z zadaniem moce fal theta i silny związany z zadaniem spadek w wyższych częstotliwościach fal alpha w korze sensomotorycznej.

		Wnioski: Różnice w aktywności w korze sensomotorycznej wskazują na wyższy wysiłek poznawczy i wymagania większej uwagi u grupy <i>massed practice</i>. Wyniki tego badania potwierdzają hipotezę, że uczenie się sekwencjami jest lepsze od zmasowanej nauki w przypadku materiału wzrokowo-ruchowego.
16.	Begus, K., Southgate, V., Gliga, T. (2015). Neural mechanism of infant learning: differences in frontal theta activity during object exploration modulate subsequent object recognition. <i>Biology Letters</i>, 11	W badaniu tym badano za pomocą EEG aktywność mózgu i częstotliwość fal theta u 11-miesięcznych niemowląt. Celem było pokazanie różnic w czołowych drganiach fal theta (frontal theta-band oscillations?) zarejestrowanych podczas eksploracji przez niemowlęta ośmiu otrzymanych obiektów. W drugiej fazie sprawdzano aktywność mózgu, gdy pokazywano dzieciom zdjęcia widzianych wcześniej przedmiotów i sprawdzano czy je rozpoznają. Wnioski: im większa różnica między mocą aktywności fal theta zarejestrowaną podczas eksploracji, tym większa różnica w późniejszym rozpoznawaniu danych obiektów.
17.	Chaouachi, M., Jraidi, I, Frasson, C. (2015). Adapting to learners' mental states using a physiological computing approach. <i>Association for the Advancement of Artificial Intelligence</i>.	W tym artykule zaprezentowano urządzenie MENTOR stworzone na podstawie EEG, które pozwala w sposób adaptacyjny sekwencjonować treści nauczania według stanów psychicznych uczących się. System opiera się na technice Brain Computer Interface i psychologii wychowawczej, ma on na celu automatycznie wybrać następną najlepszą aktywność uczenia się zgodnie ze zmianami w stanach mentalnych przez uczącego się, takich jak uwaga i nakład pracy. Celem tego systemu jest utrzymanie uczącego w pozytywnym stanie psychicznym (sprzyjającym nauce) podczas całej sesji szkoleniowej. Wnioski z badania nad urządzeniem:

		1. MENTOR może znacząco podnieść poziom użytkowników w nauce. 2. MENTOR został pozytywnie odebrany przez użytkowników
18.	Rehder, B., Colner, R., Hoffman, A. (2009). Feature inference learning and eyetracking. <i>Journal of Memory and Language</i>, 60, 393-419.	Poza tradycyjnym uczeniem się nadzorowanym (uczenie maszynowe), ludzie potrafią uczyć się kategorii poprzez dedukowanie na podstawie brakujących cech danych kategorii. Badacze wykonali cztery eksperymenty w których śledzili ruchy gałek ocznych. W eksperymencie 1 odkryto, że osoby wnioskujące (inferencje learners), faktycznie skupiały wzrok na cechach zbędnych do wnioskowania o brakującej cesze, co było zachowaniem zgodnym z przyswajaniem wewnętrznej struktury kategorii. Jednakże, eksperymenty 3 i 4 wykazały, że fiksacje były ograniczone dla cech koniecznych do przewidzenia przyszłych prób. Wyciągnięto wniosek, że uczenie przez wnioskowanie wywołuje zarówno nadzorowane jak i nienadzorowane uczenie się kojarzenia (poznawania związków pomiędzy) „kategoria-cecha” zamiast wywołania ogólnej motywacji do uczenia się wewnętrznej struktury kategorii.
19.	Beaulieu, C., Bourassa, M., Brisson, B., Jolicoeur, P., de Beaumont, L. (2014). Electrophysiological correlates of motor sequence learning. <i>BMC Neuroscience</i>, 15, 102.	ERN odzwierciedla procesy zmierzające do zwiększenia wydajności. Badanie to ma na celu śledzenie amplitudy ERN podczas całego zadania (od wczesnej do późnej fazy uczenia) w relacji do towarzyszącej mu sekwencji motorycznej używając SRT (służy do mierzenia uczenia się w sposób utajony). Metody: 22 zdrowych uczestników wykonało zadanie SRT podczas, którego mierzono aktywność fal mózgowych za pomocą EEG. Zadanie SRT składało się z serii stymulujących odpowiedzi par angażujących uczenie motoryczne powtarzających się sekwencji. Uczenie się było mierzone jako różnica w średnim czasie odpowiedzi pomiędzy ostatnią sekwencją

		bloków i ostatnim losowym blokiem następującym bezpośrednio po nim (<i>sequence-specific learning</i>). Potencjały wywołane (ERP) były analizowane w celu zmierzenia amplitudy ERN wywołanej przez popełnione błędy. Wyniki: Średnia różnica amplitudy ERN pomiędzy pierwszymi czterema blokami do nauczania a ostatnimi czterema blokami w zadaniu SRT istotnie koreluje z uczeniem sekwencji ruchowych (<i>motor sequence learning</i>) jak również z całościową poprawą czasu reakcji. Kierunek korelacji pokazuje że uczestnicy, których amplituda ERN najbardziej wzrosła poprzez bloki nauczania, wykazywali również największą poprawę w wykonywaniu zadania SRT. W przeciwieństwie do tego, ani <i>sequence-specific learning</i> ani całościowa poprawa czasu reakcji nie ma związku ze średnią amplitudą ERN całych bloków edukacyjnych (<i>learning blocks</i>). Wnioski: Wyniki tej pracy sugerują, że amplituda ERN zmienia się od wczesnych do późnych bloków zadania występujących w całym zadaniu SRT, w przeciwieństwie do średniej amplitudy ERN z całości bloków, co jest bliżej związane z uczeniem się sekwencyjnym. Owe doniesienia prezentują udoskonalony wskaźnik elektrofizjologiczny, dzięki któremu można będzie indeksować (umieszczać w indeksie) zmiany w efektywności kontroli poznawczej podczas motorycznej nauki sekwencji.
20.	Rehder, B., Hoffman, A. (2005). Eyetracking and selevtive attention in category learning. <i>Cognitive Psychology</i> , 51, 1-41.	Uczenie kategorialne często wiąże się z selekcjonowaniem tych stymulantów, które są przydatne dla tworzenie i uzupełniania klasyfikacji. W niniejszym badaniu autorzy potwierdzili przy użyciu SMI EyeLink, że uczestnicy (N=72) nauczyli się przerzucać swoją uwagę w sposób optymalny. Ponadto odkryto, że uczniowie mają tendencje do fiksacji na wszystkich bodźcach na początku nauki. Dodatkowo, ograniczenie ruchów oczu tylko do odpowiednich wymiarów występuje zwykle dopiero po całkowitym

		wyeliminowaniu błędów. Interpretowano te wyniki jako zgodne z wieloma systemami uczenia się, które maksymalizują wkład informacji w celu zwiększenia liczby zaangażowanych modułów i skupiają się tylko na istotnych informacjach.
21.	Othmer, S., Othmer, S., Marks, C. (1991). EEG biofeedback training for Attention Deficit Disorder, Specific Learning Disabilities and Associated Conduct Problems.	Skuteczność treningu fal mózgowych EEG Biofeedback w zaburzeniach uwagi i specyficznych trudności w uczeniu się została zbadana na grupie 15 uczniów w warunkach klinicznych za pomocą testów psychologicznych. Zastosowano następujące testy: WISC-R, WRAT, PPVT, VRT. Zmiany behawioralne zostały ocenione przez nauczycieli oraz za pośrednictwem raportów z obserwacji sporządzanych przez rodziców. Trening EEG polegał na zwiększaniu aktywności w 15-18 Hz, oraz tłumieniu nadmiernej aktywności w regionach 4-7 Hz i 22-30 Hz. Zaobserwowano znaczną poprawę w umiejętnościach poznawczych, wynikach w nauce i w zachowaniu, co potwierdzono również w obserwacji. Średnia poprawa w pełnej skali IQ mierzonej WISC-R wynosiła 23 punkty. Zauważano również preferencję dla częstotliwości 15-18 Hz w porównaniu z 12-15 Hz.
22.	Gerjets, P., Walter, C., Rosenstiel, W., Bogdan, M., Zander, T. (2014). Cognitive state monitoring and the design of adaptive instruction in digital environments: lessons learned from cognitive workload assessment using a passive brain-computer interface approach. <i>Frontiers in Neuroscience</i> , 8, 385	Zgodnie z Teorią Obciążenia Poznawczego (<i>Cognitive Load Theory</i>), jednym z kluczowych czynników odpowiadających za udane uczenie się jest rodzaj i ilość obciążenia (ładunku) pamięci roboczej (<i>Working Memory Load</i> , WML), którego doświadczają osoby uczące się podczas studiowania (przerabiania) materiałów instruktażowych. Optymalne warunki uczenia się charakteryzują się dostarczaniem uczniowi wyzwań, bez powodowania przeładowania lub też niewystarczającego naładowania poznawczego. Dlatego też, prezentowanie instrukcji (materiału), w sposób, który powoduje, że pamięć robocza (WML) jest stale utrzymywana w optymalnym przedziale w odniesieniu do pojemności WML ucznia, może być dobrą

		metodą do zapewniania tychże optymalnych warunków. Niniejszy artykuł traktuje o tym, jak środowisko nauczania multimedialnego, które osiąga ten cel może zostać rozwinięte poprzez połączenie podejścia psychologii poznawczej, neuronauki oraz informatyki. Jedną z największych przeszkód, napotkanych na drodze znalezienia rozwiązania. jest brak nierzucającej się w oczy (nie przykuwającej uwagi) metody stałego oceniania pamięci roboczej (WML) uczniów w czasie rzeczywistym. Zaproponowano jako rozwiązanie tego problemu zastosowanie metody pasywnych interfejsów Mózg – Komputer (<i>Brain-Computer Interface, BCI</i>) do rzeczywistych scenariuszy uczenia się w środowiskach multimedialnych. W niniejszym artykule omawiamy metodologiczne i teoretyczne szanse i problemy tego podejścia, oparte na doniesieniach z badań znalezionych w literaturze przedmiotu oraz z własnych prac badawczych. Zaprezentowano strategię, dzięki której kilka nieodłącznych przeszkód stosowania BCIs do WML i uczenia się może zostać przewyżczonych dzięki udoskonaleniu psychologicznych konstruktów WML, poprzez zbadanie ich neuronalnych podpisów (<i>neural signatures</i>), poprzez wykorzystanie tych informacji do zaprojektowania zaawansowanych zadań oraz optymalizację algorytmów potrzebnych do analizowania danych z elektroencefalografu (EEG). Opierając się na tejże strategii, zastosowaliśmy algorytmy uczenia maszynowego (<i>machine – learning</i>) do przeanalizowania (<i>cross-task??</i>) klasyfikacji różnych poziomów pamięci roboczej do zadań, które wymagają rzeczywistych materiałów instruktażowych. Otrzymano bardzo obiecujące wyniki, które są źródłem wielu rekomendacji do przyszłych prac.
23.	Sobaniec, W., Bobrowski, R., Otapowicz, D., Kułak, W., Sobaniec, S. (2005). Ocena wpływu metody Biofeedback na obraz EEG oraz funkcje poznawcze u dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. <i>Neurologia dziecięca</i>, 14 (28).	Celem pracy była ocena wpływu metody Biofeedback EEG na parametry neurofizjologiczne mózgu w zapisie EEG w trakcie terapii Biofeedback – fale beta, SMR i theta, wpływu na jakościowy

		i ilościowy zapis EEG oraz analiza wpływu powyższej metody na funkcje poznawcze, m.in. pamięć, koncentrację uwagi i funkcje językowe. Materiały i metody. Badaniem objęta została grupa 10 dzieci z mózgowym porażeniem dziecięcym. W badaniu oceniono parametry neurofizjologiczne w zapisie EEG w trakcie terapii Biofeedback, zapis jakościowy oraz ilościowy EEG; wykonano również badania psychologiczne (testy) i przeprowadzono ankiety z rodzicami, oceniające funkcje psychiczne pacjentów. Wyniki. Po przeprowadzeniu badań otrzymano poprawę w zakresie ilościowego zapisu EEG, parametrów neurofizjologicznych EEG w trakcie terapii Biofeedback oraz w zakresie funkcji poznawczych. Zapis jakościowy EEG nie uległ zmianie. Podsumowanie. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, iż metoda Biofeedback EEG wpływa korzystnie na stan kliniczny, funkcje poznawcze oraz zapis EEG pacjentów z mózgowym porażeniem dziecięcym.
24.	Sherlin, L., Arns, M., Lubar, J., Heinrich, H., Kerson, C., Strehl, U., Serman, B. (2011). Neurofeedback and basic learning theory: implications for research and practice. <i>Journal of Neurotherapy</i>, 15, 292-304.	Artykuł przeglądowy omawiający możliwości stosowania neurofeedbacku. W artykule zwrócono uwagę na konieczność prowadzenia badań uwzględniając wszystkie aspekty istotne w kontekście warunkowania instrumentalnego. Autorzy przytaczają przykłady, gdy przez nieuwzględnienie owych aspektów, nie uzyskano istotnych rezultatów. Wszystkie wymienione w artykule aspekty warunkowania instrumentalnego, mają istotne znaczenie dla neuromodulacji. Koncepcja modulowania aktywności mózgu nazwana została Biofeedback EEG lub neurofeedbackiem i opiera się na zasadach warunkowania instrumentalnego. Postęp technologiczny znacznie zwiększa łatwość i przystępność rejestracji aktywności mózgu. Zatem, odpowiednio przeszkoleni praktycy,

		mogą stosować techniki tego typu warunkowania w swojej pracy.
25.	Liu, N-H., Chiang, C-Y., Chu, H-C. (2013). Recognizing the degree of human attention using EEG signals from mobile sensors. <i>Sensors</i> , 13	Podczas procesu uczenia się, duże znaczenie dla efektywności ma uważność uczniów podczas słuchania instrukcji. Jeśli nauczyciele mogą natychmiast stwierdzić czy uczniowie są uważni, mogą odpowiednio utrzymywać koncentrację uczniów dostosowując się do nich poziomu uważności, dzięki czemu nauka będzie efektywniejsza. Tradycyjne metody nauczania wymagają, żeby nauczyciel zwracał uwagę i oberwał uczniów i ich ekspresję podczas lekcji, jednakże ta metoda często jest niedokładna i zwiększa obciążenie nauczyciela. W tym badaniu sprawdzano, czy uczniowie są uważni czy nieuważni podczas instrukcji obserwując sygnały EEG. Rozróżnienie między uwagą i nieuwagą jest trudne, zatem w badaniu zastosowano dwa scenariusze dla rozróżnienia między stanami uważności uczniów. Po zebraniu danych z EEG używając czujników mobilnych, różne cechy wspólne zostały wydobyte z surowych danych. SVM (<i>support vector machine</i>) zostało użyte do obliczenia i analizy tych cech i zidentyfikowaniu ich kombinacji, które najlepiej pokazują czy studenci byli uważni. W oparciu o wyniki eksperymentu zaproponowany w tym artykule sposób klasyfikacji cechuje się dokładnością 76,82%. Wyniki badania mogą być stosowane jako odniesienie dla przyszłych badań dla systemem uczenia.
26.	Wang, H-S., Chen, Y-T., Lin, C-H. (2014). The learning benefits of using eye trackers to enhance the geospatial abilities of elementary school students. <i>British Journal of Educational Technology</i> , 45 (2), 340-355.	W tym badaniu sprawdzano umiejętności przestrzenne uczniów korzystając z urządzenia do badania ruchu gałek ocznych (EyeLink 2000). Do badania zaangażowano 12 uczniów w wieku 11-12 lat i 4 studentów matematyki, których nazwano ekspertami. Każdej z grup dano do rozwiązania zadania dotyczące umiejętności przestrzennych. Porównanie zdolności wzrokowo-przestrzennych w każdej z grup (ekspertów z uczniami) ukazało kluczowe czynniki

		wyższych (bardziej rozwiniętych? Superior) zdolności przestrzennych, została również opracowana strategia instruktażowa (<i>instructional strategy</i>) zdolności przestrzennych. Po treningu, wykonano te same testy zdolności przestrzennych, a eyetracker został użyty do zbadania linii wzroku uczestników w porównaniu z wynikami poprzednich testów. Mierząc ruchy gałek ocznych, liczbę fiksacji w linii wzroku, cały czas fiksacji, średni czas, liczbę i amplitudę oscylacji linii wzroku na obrazach, autorzy wyselekcjonowali typową ścieżkę wzroku dla zadań typu przestrzennego.
27.	Antonenko, P., Paas, F., Grabner, R., van Gog, T. (2010). Using electroencephalography to measure cognitive load. <i>Educational Psychology Review</i>, 22, 425-438.	W artykule przedstawiono przegląd literatury na temat wykorzystania pomiaru obciążenia EEG do mierzenia obciążenia (<i>Load</i>) poznawczego i opis dwóch studiów przypadków w paradygmacie uczenia się za pomocą hipertekstu i multimediów. Wniosek: EEG umożliwia śledzenie zmian w aktywności poznawczej (badanie kompleksowych zachowań związanych z uczeniem się), co tworzy znakomitą okazję dla badaczy zajmujących się edukacją. Szczególnie istotne wydaje się być analizowanie pomiarów aktywności mózgu związanych z obciążeniem poznawczym.
28.	Riding, R., Glass, A., Butler, S. (2010). Cognitive style and individual differences in EEG alpha during information processing. <i>Educational Psychology: An Individual Journal of Experimental Educational Psychology</i>, 17 (1-2).	Różne osoby mają tendencję do przetwarzania informacji w różny sposób, używając różnych ośrodków mózgu, w zależności od ich stylu poznawczego. Przebadano 15 dorosłych osób, którzy zostali poddani analizie komputerowej ich stylu poznawczego (dwie dymencje: Wholist-Analytic vs Verbal-Imagery). W zadaniu komputerowym, uczestnikom

		zaprezentowano słowa pojedynczo w tempie 2, 5 lub 10 słów na sekundę, a następnie w parach w częstotliwości 5 lub 10 par na sekundę. Następnie poproszono ich by wcisnęli guzik kiedy pojawi się słowo związane z docelową kategorią (np. owoce). Zadanie składało się z ośmiu 30 sekundowych prób. Podczas badania monitorowano za pomocą EEG fale alfa w 15 lokacjach. Dla stylu Wholist-Analytic, Analitycy mieli podczas wszystkich zadań niższą moc alfa relatywnie do grupy Wholist we wszystkich lokacjach, szczególnie tylnych. Dla stylu Verbal-Imagery wystąpił efekt związany z półkulami mózgu, co znaczyło, że u „werbalistów” (Verbalisers) występowało większe stłumienie w lewym tylnym płacie skroniowym (lokacja T5) w porównaniu z prawym T6, u „obrazkowców” (Imagers) natomiast odwrotnie. Wyniki te uzasadniają konieczność badań dotyczących różnic w stylach poznawczych w kontekście funkcjonowania mózgu.
29.	Nielsen Norman Group, https://www.nngroup.com	Serwis internetowy z dużą ilością informacji na temat prototypowania.
30.	Jaskiewicz A., „Inżynieria oprogramowania”, Helion, 1997	Jedna z pierwszych publikacji na rynku polskim dotycząca inżynierii oprogramowania. W publikacji można znaleźć szereg informacji na temat procedury prototypowania.

II. Wytypowanie dostępnych koncepcji prototypowania audiowizualnego; wypracowania wspólnych metod, narzędzi analitycznych

Prototypowanie audiowizualne jest procesem skomplikowanym. Na chwilę obecną brak jest jednoznacznych metodyk tworzenia prototypów. W niniejszym rozdziale podjęta zostanie próba wskazania metodyki, która będzie mogła służyć podczas realizacji badań teoretycznych, ale również w zastosowaniach praktycznych.

Metodologia procesu prototypowania interfejsów audiowizualnych / systemów

Cel badań

- Opracowanie spójnych, uniwersalnych i niskokosztowych kryteriów oceny procesu prototypowania i weryfikacji funkcjonalności prototypu na poszczególnych etapach.
- Stworzenie modelu efektywnego, równoczesnego opracowywania wersji (modyfikowanych prototypów) i poddawania ich testowaniu użytkowników.

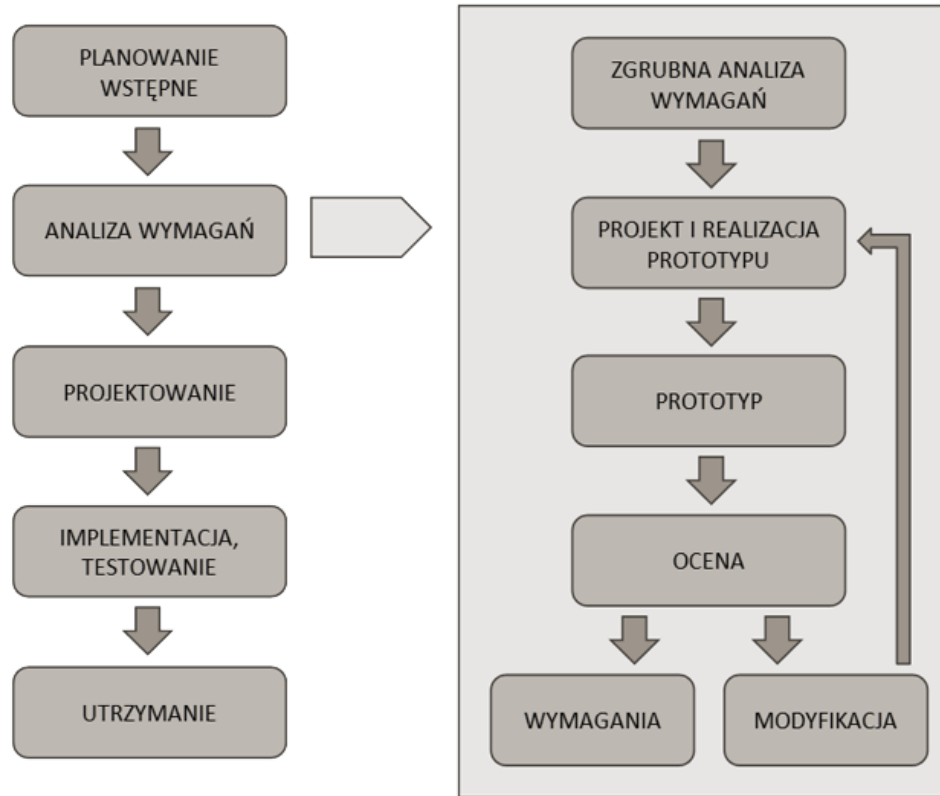
W środowisku informatycznym, przyjętych jest kilka metod projektowania systemów. Literatura¹ wskazuje na

1. model kaskadowy,
2. realizacja kierowana dokumentami,
3. prototypowanie,
4. programowanie odkrywcze,
5. realizacja przyrostowa,
6. montaż z gotowych elementów,
7. model spiralny.

Większość z tych modeli jest specyficzna dla projektów informatycznych, dlatego w trakcie rozważań nad prototypowaniem uwzględniać będziemy jedynie model prototypowy, zaprezentowany na rysunku 1.

¹ Jaskiewicz A., „Inżynieria oprogramowania”, Helion 1997

Rysunek 1 Etapy projektowania systemu informatycznego – model prototypowy



Źródło: <http://www.galactica.pl/projektowanie-systemow-informatycznych,431>

Przedmiot badań

Celem badań jest analiza reakcji użytkowników na prototypy (reakcji na poziomie behawioralnym), procesów postrzegania i procesów przetwarzania informacji w mózgu dzięki identyfikacji schematów reakcji przekładana na kolejne wersje, lepiej opracowanego i dopasowanego prototypu. Techniki weryfikowano w kontekście interakcji jakie zachodzą między użytkownikiem a systemem oraz na bieżąco uzupełniano listę wymagań o kolejne funkcjonalności, które ujawniły się w chwili zetknięcia się użytkownika z prototypem systemu. Dobrano rodzaje prototypowania, które w zależności od fazy zaawansowania projektu, wymagały zastosowania odpowiednich narzędzi badawczych w zakresie testów użyteczności. W oparciu o studia literaturowe przyjęto następujące etapy prototypowania²:

² Miecielić M., „Analiza wybranych metod szybkiego prototypowania. Instrukcja do zajęć KPI sem.III-proj.studia międzywydziałowe Inż. Biomedycznej”, IIPiB Warszawa 2007, s. 21

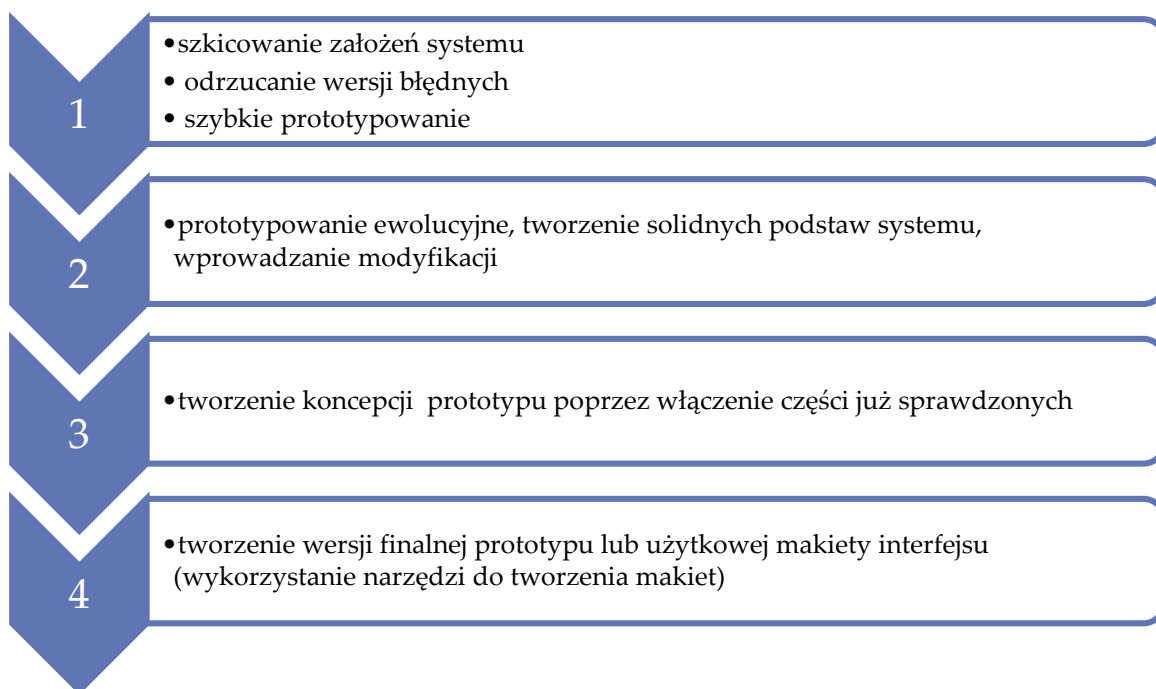
Tabela 1 Etapy prototypowania

Nazwa angielska	Nazwa polska
Throw-away prototyping / Rapid prototyping	szkicowanie założeń systemu / odrzucanie wersji błędnych / szybkie prototypowanie
Evolutionary prototyping	prototypowanie ewolucyjne, tworzenie solidnych podstaw systemu, wprowadzanie modyfikacji
Incremental prototyping	tworzenie koncepcji prototypu poprzez włączenie części już sprawdzonych
Final prototyping	tworzenie wersji finalnej prototypu lub użytkowej makiety interfejsu (wykorzystanie narzędzi do tworzenia makiet).

Źródło: opracowanie własne na podstawie Micielica 2007.

Poszczególne elementy prototypowania powinny występować w ustalonej kolejności:

Rysunek 2 Etapy prototypowania



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Micielica 2007.

Rodzaje prototypów

1. Prototyp poziomy (horyzontalny)

Prototyp poziomy jest również znany pod inną nazwą, a mianowicie prototyp interfejsu użytkownika. Przedstawia on płytki oraz jednocześnie szeroki zakres funkcjonalności systemu. Dany prototyp pokazuje warstwę zewnętrzną (interfejs) oprogramowania tj. okna (ang. windows) oraz menu. Pomaga w zidentyfikowaniu ogólnych funkcjonalności w obrębie systemu.

2. Prototyp pionowy

Prototyp pionowy przedstawia pogłębioną funkcjonalność systemu w wąskiej dziedzinie. Demonstruje pracę niekompletnego systemu krok po kroku w obrębie jednej lub więcej funkcji. Pomaga w zidentyfikowaniu dokładnych wymagań dotyczących danej części oprogramowania.

ETAP 1. THROW-AWAY PROTOTYPING / RAPID PROTOTYPING

Szkicowanie założenie systemu(Faza koncepcyjna)

Pierwsza faza prototypowania odnosi się do tworzenia modelu, który zostanie odrzucony lub stanie się częścią ostatecznego projektu końcowego. Po określeniu wstępnych wymagań prosty model pracy systemu jest skonstruowany tak, aby wizualnie pokazać użytkownikom, jak ich wymagania mogą wyglądać na gotowym systemie.

Model staje się punktem wyjścia, z poziomu którego użytkownicy mogą ponownie przeanalizować swoje oczekiwania i wyjaśnić swoje wymagania. Powodem korzystania z jednorazowego prototypowania Throw - Away jest szybkość oraz opłacalność w porównaniu do zmian wprowadzanych na dalszych etapach.

Użytkownicy mogą uzyskać informację zwrotną na temat swoich potrzeb. Kolejną mocną stroną rozwiązania jest zdolność do konstruowania interfejsów, które użytkownicy mogą przetestować. Interfejs użytkownika (czyli to co użytkownik widzi jako system) pozwala łatwiej wyobrazić sobie finalny system pracy.

W Throw-Away wymagania użytkowników są identyfikowane, symulowane i przetestowane w szybki i tani sposób, gdyż takie kwestie jak rozwój, konserwacja i struktura prototypu są ignorowane. To z kolei prowadzi do dokładnej specyfikacji wymagań i późniejszej budowy systemu za pomocą konwencjonalnych modeli (np. programistycznych w przypadku tworzenia prototypu oprogramowania).

Prototypy mogą być klasyfikowane zgodnie z kryterium wierności, z jaką przypominają rzeczywiste produkty pod względem wyglądu, interakcji i czasu. Jedną z metod tworzenia niskiej wierności Prototypu Throw-Away jest

księga prototypowania. Prototyp tworzony jest za pomocą papieru i ołówka, a więc naśladuje funkcje rzeczywistego produktu, ale nie wygląda w ogóle jak wersja finalna.

Innym sposobem tworzenie wysokiej wierności Prototypu Throw-Away jest użycie specjalistycznych programów takich jak np. GUI Builder (App Inventor na platformę Android, GNUstep na platformę Linux czy Windows Presentation Foundation na platformę Windows). Dzięki programom możliwe są implementacje niefunkcjonalne, pokazujące nie tylko jak system będzie wyglądać, ale również jak będzie działać.

Etapy weryfikacji (Wywiad indywidualny w oparciu o wskazania³)

- a) Wskazanie celu utworzenia prototypu. (Po co mi nowy produkt?)
- b) Określenie grupy docelowej. (Kto z tego będzie korzystał?)
- c) Wskazanie oczekiwań zachowań użytkowników (Jak chcę by prototyp był wykorzystywany?)
- d) Wskazanie problemu badawczego. (Jaka ma być docelowa zmiana?)

Rekomendowane Narzędzia

- 1) **Wywiady indywidualne, pogłębione wywiady indywidualne** - służą do odczytania opinii, sądów, motywów zachowań i emocji przyszłych użytkowników prototypu. Pozwalają na ustalenie i zrozumienie nieujawnionych bezpośrednio motywów. Badania takie ułatwiają generowanie idei związanych z rozwojem modelu oraz dostarczają informacji o ocenie konkurencji i potrzebach użytkowników w ramach tworzonego rozwiązania. Pozwalają na wstępną ocenę projektów i zdiagnozowanie potencjalnych problemów.
- 2) **Wywiady grupowe, zogniskowane wywiady grupowe** (nazywane również fokusowymi) - w badaniach fokusowych grupa kilku osób dyskutuje nad przedstawionym im projektem. Rozmowę nadzoruje moderator, który zachęca do ujawnienia prawdziwych odczuć i opinii i dba o to, by rozmowa skupiała się na zasadniczym problemie. Zadawane pytania kierują dyskusję we właściwe obszary. Odpowiedzi uczestników w pewnym stopniu zależą od tego, co mówią w trakcie dyskusji inni. Badanie ma postać nieformalną i trwa zwykle kilka godzin. Uczestnikom płaci się za udział w spotkaniu. Zaletą tego typu badania jest możliwość wykorzystania właściwości grupy społecznej oraz związanych z nią efektów, takich jak efekt stymulacji, spontaniczności czy bezpieczeństwa. Moderator jest osobą odpowiedzialną za nadzór i przebieg dyskusji. Dbą, aby rozmowa ogniskowała się wokół kluczowych zagadnień.

³ Nielsen Norman Group, <https://www.nngroup.com/>

- 3) **Modelowanie papierowe** - prototypy papierowe używane są w sytuacjach, gdy konieczna jest ewaluacja kilku wersji projektu interfejsu we wczesnym etapie projektu lub gdy narzędzia programistyczne nie wspierają rozwiązań, które mają być zastosowane w danym interfejsie. Jak pokazują badania, prototypy papierowe są tak samo skuteczne w identyfikowaniu większości problemów związanych z użytecznością jak prototypy działające jako część oprogramowania¹⁸. Jednak uczestnicy badań z wykorzystaniem prototypów wolą prototypy komputerowe.
- 4) **Burza mózgów** - w spotkaniu uczestniczy kilkanaście osób o różnych profesjach (np. nie związanych bezpośrednio z informatyką, powinni za to dysponować tą właśnie wiedzą, która będzie nam potrzebna) zdolnościach, płci itd. Praca grupy przebiega od generowania pomysłów poprzez udoskonalanie i wartościowanie pomysłów, aż do wyboru najlepszego rozwiązania. Nadrzędną zasadą w przypadku burzy mózgów jest zasada „ilości przechodzącej w jakość” – oznacza ona maksymalizację ilości formułowanych pomysłów rozwiązań, która w rezultacie prowadzi do dobrego rozwiązania.
- 5) **Sesje design thinking** – stanowią rozwinięcia burzy mózgów, gdzie dodatkowo stosuje się takie rozwiązania jak:
- wizualne eksponowanie pomysłów, unaocznianie postępów sesji i powracanie do tych idei dotyczących interfejsów, które zasługują na bliższe rozważenie,
 - sporządzanie prostych modeli przedstawianych pomysłów z użyciem klocków, styropianu, plastikowych rurek, taśmy klejącej – wszystkiego co pomoże stworzyć prototyp modelu,
 - skupienie na interakcji człowieka z modelem, jego emocjach,
 - myślenie o produkcie w kategorii czasowników (rzeczy do których będzie produkt, oprogramowanie przydatne, co można z nimi zrobić),
 - rozkładanie procesu związanego z interakcją na najdrobniejsze ruchy i zadania.

Zaletą wskazanych powyżej metod jest możliwość wykrycia problemów z użytecznością już we wczesnych fazach prac, dzięki czemu wprowadzanie zmian do projektu interfejsu nie pociąga za sobą znacznych kosztów. Dodatkowo metoda ta umożliwia wykonanie badania szybko, przy niewielkich nakładach finansowych, a wyniki ewaluacji dostępne są natychmiast

Maksymalna zalecana wielkość grupy: 5 osób (inwestor, grafik, programista, koordynator projektu, inżynier projektu itd.)

Podsumowanie: W tym podejściu prototyp jest budowany od podstaw. Charakterystyczną cechą tej metody jest nietrwałość materiałów zawierających informacje dotyczące systemu, które po stworzeniu/uzgodnieniu wersji z użytkownikiem finalnym zostają wyrzucone.

ETAP 2. EVOLUTIONARY PROTOTYPING – PROTYPOWANIE EWOLUCYJNE I BADANIA EKSPŁORACYJNE

W przeciwieństwie do techniki Throw-Away, Evolutionary Prototyping bazuje na tworzeniu solidnych podstaw systemu, które z czasem są uzupełniane o kolejne funkcjonalności. Technika szczególnie przydatna jest w przypadku, gdy użytkownicy mają problem z identyfikacją wymagań. W przypadku tej metody użytkownicy/klient są w stanie uzupełniać listę swoich wymagań w trakcie prac nad projektem. Evolutionary Prototyping może być stosowany zamiennie z Throw-Away lub zaraz po, celem określenia podstaw systemu. Zaczyna się od zbudowania prostego systemu spełniającego część funkcjonalności. Jest on następnie modyfikowany w miarę poznawania wymagań. Ostatecznie prototyp staje się systemem, którego oczekiwano. Celem prototypowania ewolucyjnego jest dostarczenie użytkownikowi działającego systemu. Do zalet rozwiania należy min. przyspieszone dostarczenie użytkownikowi początkowej wersji systemu oraz aktywne włączenie użytkownika w budowę systemu.

Wady

- Kłopoty z zarządzaniem – prototypowanie ewolucyjne cechuje się gwałtownym rozwojem, przez co nie nadąża się z tworzeniem dokumentacji.
- Kłopoty z pielęgnacją – ustawiczne zmiany powodują uszkodzenia struktury prototypowanego systemu.
- Kłopoty ze stworzeniem umowy – tradycyjny model umowy klienta z wytwórcą oprogramowania oparty jest na specyfikacji systemu uzgodnionej przed rozpoczęciem prac. W przypadku prototypowania ewolucyjnego zakres prac nie jest znany przed ich rozpoczęciem. Powoduje to problemy z ustaleniem wynagrodzenia.

Etapy (Metodologia w oparciu o UXbite)

- a) Przygotowanie możliwych scenariuszy użycia. - tekstowy opis kroków (ciągu zdarzeń), które składają się na dany przypadek zawierający sekwencję zdarzeń w systemie oraz opis interakcji użytkownika (obiektu zewnętrznego) z systemem. Dobrze przygotowany scenariusz użycia
 - powinien być napisany w sposób zrozumiały nawet dla osoby nie znającej się na projektowaniu systemów informatycznych (pt. widzenia użytkownika, w szczególności klienta),
 - powinien zawierać różne rodzaje przebiegów (główne, alternatywne, wyjątkowe),
 - liczba scenariuszy powinna być większa od liczby przypadków użycia.Istotą scenariuszy użycia jest skupienie się wokół punktu zadań i potrzeb użytkownika, a nie funkcjonalności prototypu. Scenariusze mogą przyjąć formę opisów, różnego rodzaju diagramów lub schematów blokowych.
- b) Przygotowanie aparatury i narzędzi badawczych.
- c) Przeszkolenie personelu.
- d) Rekrutacja uczestników badania.

Narzędzia

- 1) Wywiady indywidualne – jw.
- 2) Zogniskowane wywiady grupowe (FGI) – jw.
- 3) Kwestionariusze i wywiady ustrukturalizowane.
- 4) Analiza kontekstu użycia serwisu – jest analizą prowadzoną na prototypie w oparciu o zadania wykonywane przez użytkowników. Analiza kontekstu użycia służy diagnozie potencjalnych potrzeb i powodów używania powstającego serwisu, oraz określenia przeszkód organizacyjnych, technicznych i środowiskowych, które mogą utrudnić powstanie lub wdrożenie serwisu/systemu.
- 5) Samodzielna rejestracja - metoda samodzielnej rejestracji swoich działań, obserwacji, doświadczeń przez użytkownika, w czasie interakcji z prototypem.

Optymalna wielkość grupy: 8 osób (użytkowników)

ETAP 3. INCREMENTAL PROTOTYPING – (TWORZENIE PROTOTYPU POPRZECZ WŁĄCZENIE CZĘŚCI JUŻ SPRAWDZONYCH I TESTY INSPEKCYJNE)

Metoda ta polega na budowaniu systemu poprzez łączenie jego części. Każda funkcjonalność, lub grupa funkcjonalności tworzy prototyp, następnie scala się je w celu uzyskania gotowego modelu. Zaletą tej metody jest to, że użytkownicy/ klienci mogą testować funkcję w chwili, gdy reszta części jest w budowie. Mogą również kierować swoje uwagi do zespołu w fazie prac nad projektem.

Etapy inspekcji

- 1) Inspekcja formalna.
- 2) Inspekcja standardów i systemów kodowania.
- 3) Analiza spójności treści.
- 4) Analiza funkcjonalności.
- 5) Checklista: 10 heurystyk Jakoba Nielsena.

Przy inspekcji prototypu zalecane jest wykorzystanie drzewka walidacji problemu oraz zastosowanie w trakcie realizacji stażu na etapie testowania Filozofię Czerwonych Dróg⁴.

Celem inspekcji jest też weryfikacja pojawiających się w trakcie problemów. Ich opis znajduje się poniżej

- 1) Przedłużające się prototypowanie: Gdy użytkownik jest proszony o ocenę i przekazanie informacji zwrotnej na temat kolejnego prototypu, istnieje ryzyko, że będzie zawsze chciał ulepszyć system (będzie miał ciągle jakieś uwagi), co z kolei prowadzi do opóźnienia w rozwoju aplikacji.
- 2) Zmieszanie użytkownika: Czasami niektóre eksperymentalne funkcje pojawiają się w prototypie, które w oparciu o informację zwrotną, lub z powodów technicznych usuwa się z końcowego systemu. Użytkownicy mogą ostatecznie być rozczarowani produktem finalnym, jeżeli znacząco różni się on od pierwowzoru.
- 3) Eskalacja oczekiwań: Użytkownik końcowy może zacząć prosić o funkcje, które mają być uwzględnione, ale które nigdy nie były w pierwotnej specyfikacji wymagań użytkownika. To może prowadzić do wydłużenia czasu rozwoju i kosztów.
- 4) Zbyt duży nacisk na jeden z elementów systemu: Gdy dużo czasu spędza się na prototyp jednej, określonej części systemu, pozostałe części systemu mogą ostatecznie zostać zaniedbane.

⁴ <http://www.userfocus.co.uk/articles/redroutes.html>

- 5) Wydatki z prototypowania: Budowa prototypu kosztuje sporo czasu i pochłania zasoby sprzętowe i kadrowe. Problem jest szczególnie istotny jeśli rozwój prototypu powoduje zawieszenie normalnej pracy systemu.

ETAP 4. FINAL PROTOTYPING – TWORZENIE KONCEPCJI WERSJI FINALNEJ PROTOTYPU - Weryfikacja już stworzonych prototypów (Testy usability)

Etapy

Wprowadzenie użytkownika.

Realizacja scenariuszy użycia.

Raport z testu usability

Narzędzia

- 1) Metoda "Głośnego myślenia" - uczestnicy badania wykonując zadania stale „głośno myśląc”, czyli werbalizują swój proces myślenia i komentują reakcje aplikacji.
- 2) Metoda wspólnego odkrywania – badacz wraz z użytkownikiem wspólnie korzystają z serwisu lub wykorzystują funkcjonalności w nim zawarte. Obserwacja emocji respondentów, spontanicznych reakcji pozwala poznać użytkowników i wczuć się w ich rolę.
- 3) Rejestracja pojawiających się pytań – użytkownik proszony jest o zapisywanie na bieżąco pojawiających się w trakcie używania serwisu pytań. Pytania najczęściej zapisywane są w odrębnym dokumencie.
- 4) Benchmarking użytkowania – pomiar szybkości realizacji określonych scenariuszy użytkowania serwisu / prototypu.
- 5) Badanie z użyciem eyetrackera – badanie pozwalające śledzić ruchy gałek ocznych i rejestrować czasy koncentracji wzroku na określonych elementach strony. Szczegółowe obserwacje skupień gałek ocznych na takich elementach jak: tekst i grafika, przyciski, analiza powrotów i powtórzeń.
- 6) Testy A/B - metoda badawcza polegająca na porównaniu dwóch wersji strony internetowej celem wybrania tej wersji, która lepiej spełnia stawiane przed nią zadania. W testach A/B porównuje się zwykle funkcjonującą wersję strony (podstrony) z wersjami alternatywnymi.
- 7) Test USE - Pytania w kwestionariuszu USE:⁵

Użyteczność

1. Pomaga mi być bardziej efektywnym.

⁵ http://www.k2.pl/files/K2_UserExperience_Facebook_Eyetracking.pdf

2. Robi wszystko czego się spodziewam.
3. Spełnia moje potrzeby.
4. Pomaga mi oszczędzać czas.
5. Pomaga mi być bardziej produktywnym.
6. Jest przydatny.
7. Sprawia, że rzeczy które chcę osiągnąć, są łatwiejsze do zrobienia.
8. Daje mi więcej kontroli nad aktywnościami w moim życiu.

Satysfakcja

1. Czuję, że muszę go mieć.
2. Polecilibym znajomym.
3. Jest przyjemny w użyciu.
4. Fajnie się z niego korzysta.
5. Jestem zadowolony z serwisu.
6. Działa tak jak chcę, aby działał.
7. Jest wspinały.

Łatwość użycia

1. Zarówno regularnym jak i sporadycznym użytkownikom spodoba się ten serwis.
2. Nie zauważam żadnych niespójności, kiedy z niego korzystam.
3. Mogę szybko i łatwo cofnąć popełnione błędy.
4. Jest łatwy w użyciu.
5. Mogę używać go za każdym razem z powodzeniem.
6. Jest prosty w użyciu.
7. Jest przyjazny dla użytkowników.
8. Można go używać bez pisanej instrukcji.
9. Wymaga najmniejszej ilości kroków potrzebnej do wykonania tego co chcę.
10. Jest elastyczny.

8) Pozostałe techniki eksploracyjne z użyciem danych psychofizycznych (m.in. EEG) – badanie polegające na skorelowaniu danych psychofizycznych (fal mózgu, napięcia galwanicznego skóry, mimiki twarzy, częstości oddechu) z określonym elementem strony.

Optymalna wielkość grupy: 10 osób.

III. Opracowanie metodologii, modelu matematycznego oraz algorytmów do szacowania pracochłonności projektów dotyczących prototypowania

W literaturze na temat pracochłonności projektów informatycznych⁶ znaleźć można szereg metod. Można je podzielić na⁷:

- przez analogię,
- eksperckie,
- algorytmiczne.
- hybrydowe.

Są wśród nich

- Metoda delficka – metoda oparta na szacowaniu pracochłonności przez wielu ekspertów (ekspertka),
- COConstructive COst MOde (COCOMO II) – metoda, która bazuje na rozmiarze oprogramowania mierzonego np. ilością kodu źródłowego (algorytmiczna),
- Use Case Points – metoda wykorzystująca specyfikację wymagań (analogie).

Druga z przedstawionych metod tj. metoda COCOMO II jest algorytmiczna, dlatego zostanie omówiona bardziej szczegółowo.

Rozwinięciem metody COCOMO II jest Application Composition Model przeznaczony dla projektów wykorzystujących nowoczesne narzędzia do tworzenia (generowania) interfejsów.

Metoda COCOMO II dla typowych projektów informatycznych sprowadza się do następujących mało skomplikowanych formuł

$$OM = 2,94 \cdot S^E,$$

$$0.91 \leq E \leq 1.226,$$

gdzie OM to ilość osobomiesięcy a S to ilość linii kodu wyrażona w tysiącach.

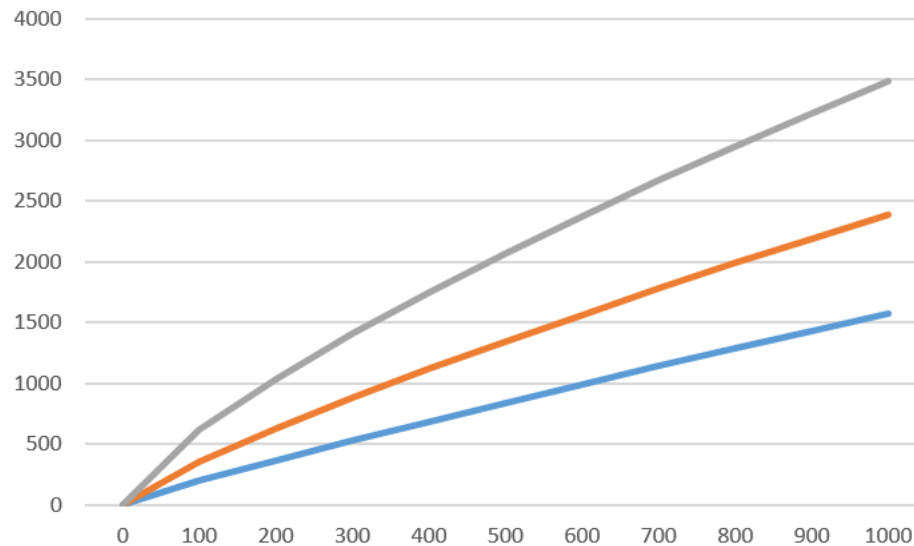
Na rysunku 2 zamieszczono górne ($E = 1.226$), dolne ($E = 0.91$) i przeciętne ($E = 1$) oszacowanie ilości osobomiesięcy zależne od ilości kodu (w tys.).

Niestety podejście przedstawione w metodzie COCOMO II nie może być bezpośrednio stosowane przy ocenie pracochłonności projektów badawczo-rozwojowych ze względu na fakt, że w metodzie oszacowanie oparte jest o ilość linii wytworzonego kodu źródłowego. Mimo tego można próbować dostosować metodę do szacowania innego typu projektu, niż tylko informatyczne.

⁶ Boehm B. W. i inni, „Software Cost Estimation with COCOMO II”, Prentice Hall PTR, 2000

⁷ W metodykach zarządzania projektami wskazuje się inne metod planowania pracochłonności: podobieństwo, dane historyczne, rady ekspertów, delfickie, 3 punktów, delfickie uśredniające (Wysocki R. K, „Efektywne zarządzanie projektami. Tradycyjne, zwinne, ekstremalne”, Wydanie 6, Helion 2013)

Rysunek 2 Oszacowanie osobomiesięcy w metodzie COCOMO II (w osobo miesiącach w zależności od ilości kodu)



Źródło: Opracowanie własne.

Pracochłonność to ilość pracy wykorzystanej do wytworzenia określonego dobra⁸.

W naszych rozważaniach, w dalszej części, przez pracochłonność będziemy rozumieli ilość nakładów (finansowych, osobowych, sprzętowych itp. wyrażonych kwotowo) która wymagana jest do przeprowadzenia projektu. Innymi słowy pracochłonność będzie rozumiana jako całkowity koszt niezbędny do prawidłowej realizacji projektu, w naszym wypadku badawczym. Możemy więc przyjąć

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_m, \quad (1)$$

gdzie

K – wskaźnik kosztu całkowitego,

K_i – koszt związany z zadaniem o numerze i , gdzie $i = 1, \dots, m$.

Koszty związane z zadaniem można wyrazić poprzez formułę

$$K_i = k_i n_i, i = 1, \dots, m, \quad (2)$$

gdzie k_i to koszt jednej roboczo-godziny dla zadania o numerze i , a n_i to ilość roboczo-godzin niezbędnych do wykonania zadania o numerze i .

⁸ <https://pl.wikipedia.org/wiki/Pracoch%C5%82onno%C5%9B%C4%87>

W związku z tym wskaźnik pracochłonności możemy określić jako

$$K = \sum_{i=1}^m k_i n_i. \quad (3)$$

W przypadku projektów badawczo-rozwojowych możemy przyjąć, że parametry k_i , czyli ceny jednostkowe roboczo-godziny są znane⁹.

Pozostaje wyznaczenie ilości roboczogodzin n_i dla poszczególnych składowych projektu.

W tym celu wykorzystamy model użyty w metod COCOMO II

$$n_i = \alpha_i x_i^{\beta_i^{(j)}}, j = 1, 2, i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

gdzie $\alpha_i > 0$ to stała odpowiedzialna za nachylenie krzywej, $\beta_i^{(j)} > 0$ stałe odpowiedzialne za kształt krzywizny oraz wyznaczające górny ($j = 1$) i dolny ($j = 2$) obszar zmienności. Ostatnie wielkości to x_i , czyli ilości czynności niezbędnych do wykonania zadania o numerze i .

Modelu (4) można sprowadzeniu do postaci liniowej. Logarytmując stronami (4) dostajemy

$$\ln n_i = \ln \alpha_i + \beta_i^{(j)} \ln x_i, j = 1, 2. \quad (5)$$

Robimy podstawienia $Y = \ln n_i$, $X = \ln x_i$, $A = \ln \alpha_i$, $B^{(j)} = \beta_i^{(j)}$. Wtedy

$$Y = A + BX + \varepsilon. \quad (6)$$

Otrzymujemy model liniowy. Ze względu na parametry A oraz B . Do jego szacowania stosujemy metodę najmniejszych kwadratów¹⁰ (MNK). W pierwszej kolejności szacujemy model dla danych zaobserwowanych. Następnie po oszacowaniu odchylenia standardowego dla S_ε wyliczamy

$$\beta_i^{(1)} = B^{(1)} + S_\varepsilon \quad (7)$$

oraz

$$\beta_i^{(2)} = B^{(1)} - S_\varepsilon. \quad (8)$$

Parametr α_i wyliczamy jako

$$\alpha_i = e^A. \quad (9)$$

⁹ W jednostkach naukowych znane są koszty roboczo-godzin pracowników dla pracowników naukowych.

¹⁰ Osińska M., „Ekonometria współczesna”, TNOiK Dom Organizatora, Toruń 2007

Ostatecznie jako model do szacowania pracochłonności wyrażonej poprzez koszt całkowity projektu badawczo-rozwojowego

$$K^{(j)} = \sum_{i=1}^m k_i \alpha_i x_i^{\beta_i^{(j)}}, j = 1, 2. \quad (10)$$

Na zakończenie przedstawimy ogólny algorytm szacowania kosztów projektu badawczo-rozwojowego

ALGORYTM

- 1/ Dla każdego zadania o numerze $i = 1, \dots, m$ oszacować model (6).
- 2/ Na podstawie 1/ w oparciu o (7), (8), (9) oszacować (4).
- 3/ Dla każdego zadania o numerach $i = 1, \dots, m$ wyznaczyć koszty jednostkowe k_i .
- 4/ Obliczyć koszt całkowity wg (10).

IV. Implementacja opracowanych algorytmów i modeli matematycznych

Przez implementację będziemy rozumieli precyzyjny opis sposobu użycia algorytmu zaproponowanego w poprzednim rozdziale. Do zbudowania modeli użyć można różnego typu programów np. R¹¹, Gretl¹² albo arkuszy kalkulacyjnych¹³.

Rozpoczynamy od ustalenia podstawowych wartości parametrów.

Tabela 3 Ceny jednostkowe za wybrane zadania

Lp	Nazwa zadania	Sugerowana ilość czynności / osoby	Cena za roboczo-godzinę (zł)
1	Wywiad indywidualny	8	100 dr 50 mgr 40 lic 30 student
2	zogniskowany wywiad grupowy (FBI)	8	100 dr 50 mgr 40 lic 30 student
3	Metoda głośne myślenie	10	100 dr 50 mgr 40 lic 30 student
4	Metoda wspólnego odkrywania	10	100 dr 50 mgr 40 lic 30 zł/student
5	Badania z użyciem eyetrackera	10	100 zł/dr 50 mgr 40 lic 30 student
6	Testy A/B	10	100 dr 50 mgr 40 lic

¹¹ <https://cran.r-project.org/>

¹² <http://www.gretl.pl>

¹³ <https://pl.libreoffice.org/>

			30 student
	Raport z badań 1 arkusz	3	150 dr hab., prof. 100 dr 50 mgr

Źródło: Opracowanie własne.

W tabeli 3 nie umieszczono ilości roboczo-godzin niezbędnych do wykonania usługi. Wskazane ceny mają charakter umowny, a ilość czynności / osób oznacza zaangażowanie po stronie osób trzecich albo ilość czynności niezbędnych do uznania zadania za zakończone. Tabela nie wyczerpuje wszystkich możliwych usług badawczych związanych z projektowaniem interfejsów audiowizualnych.

W dalszej części rozdziału przedstawiona zostanie implementacja algorytmu dla projektu obejmującego 2 rodzaje badań:

1. Badania fokusowe.
2. Badania z użyciem eyetrackera.
3. Raport z badań.

W oparciu o (10) musimy zbudować model

$$K^{(j)} = k_1 \alpha_1 x_1^{\beta_1^{(j)}} + k_2 \alpha_2 x_2^{\beta_2^{(j)}} + k_3 \alpha_3 x_3^{\beta_3^{(j)}}, j = 1, 2.$$

Część parametrów jest znana. Zakładamy, że badania będą prowadzone przez magistrów, a raporty opracują doktorzy. Wtedy $k_1 = 50, k_2 = 50, k_3 = 100$.

Musimy oszacować trzy modele postaci (4)

$$n_i = \alpha_i x_i^{\beta_i^{(j)}}, j = 1, 2, i = 1, 2, 3.$$

Dla celów prezentacyjnych przyjęto

$$n_1 = 2x_1^{0.77}, S_\varepsilon = 0.2,$$

$$n_2 = 2x_2^{0.699}, S_\varepsilon = 0.17,$$

$$n_3 = 10x_3^{1.179}, S_\varepsilon = 1.2.$$

Stąd

$$K^{(1)} = 50 \cdot 2x_1^{0.77+0.2} + 50 \cdot 2x_2^{0.699+0.17} + 100 \cdot 10x_3^{1.179+1.2}$$

$$K^{(2)} = 50 \cdot 2x_1^{0.77-0.2} + 50 \cdot 2x_2^{0.699-0.17} + 100 \cdot 10x_3^{1.179-1.2}$$

Dla wartości $x_1 = 10, x_2 = 10, x_3 = 2$ dostajemy

$$K^{(1)} = 6688,$$

$$K^{(1)} = 1621.$$

Otrzymane wyniki oznaczają że całkowity koszt projektu będzie wahał się między 1 621 zł a 6 688 zł. Rozrzut wartości jest duży, bo pokazuje warianty skrajnie optymistyczne i nieoptymistyczne. Ustalając cenę za wykonanie usługi sugeruje się przyjęcie wartości pośredniej.

V. *Ewaluacja opracowanych implementacji algorytmów i modeli matematycznych z uwzględnieniem wyników testów*

Opracowany algorytm jest skuteczny pod warunkiem, że zostały dobrze oszacowane modele (4). Wymaga to dużej ilości obserwacji tj. odpowiedniej ilości przeprowadzonych badań i spisanych statystyk opisujących badania.

Minimalna ilość badań, na podstawie których możemy oszacować te modele to 3. Pewne wyniki otrzymamy już dla dwóch obserwacji.

Dla dwóch obserwacji parametry możemy szacować rozwiązując układ równań

$$\begin{cases} N_1 = \alpha X_1^\beta \\ N_2 = \alpha X_2^\beta \end{cases} \quad (11)$$

gdzie N_1, N_2 to obserwacje roboczo-godzin dla odpowiadających im ilości czynności X_1, X_2 .

Dzieląc stronami i upraszczając dostajemy

$$\begin{cases} \alpha = \frac{X_1^\beta}{N_1} \\ \beta = \log_{\frac{X_1}{X_2}} \frac{N_1}{N_2} \end{cases} \quad (12)$$

Formułę (12) należy stosować na samym początku budowy modelu. W miarę upływu czasu i posiadania większej ilości obserwacji należy stosować (4), (5), (6).

VI. Opracowanie ogólnego modelu prototypowania interfejsów audiowizualnych

Projekt badawczy posiada pewną specyfikę. Po pierwsze jest realizowany w jednostce naukowej, którą może być jednostka organizacyjna na uczelni, samodzielna jednostka badawcza w przedsiębiorstwie albo wyspecjalizowana jednostka komercyjna.

W chwili obecnej jednostki naukowe coraz częściej powołują specjalne jednostki, których celem jest komercjalizacja wyników badań oraz podtrzymywanie relacji z otoczeniem biznesowym.

Przykładem takiej jednostki jest Laboratorium inLAB¹⁴ działające przy Wyższej Szkole Gospodarki w Bydgoszczy. Jednostka ta posiada własne procedury i może służyć jako przykład dobrej współpracy między światem nauki, a biznesem.

Sugeruje się, żeby działania związane z realizacją projektu badawczo – rozwojowego przebiegały zgodnie z następującym schematem

1. Pozyskiwany jest klient.
2. Podejmowana jest decyzja o podjęciu współpracy.
3. Powoływany jest kierownik zespołu, który ustala zakres badań, opracowuje harmonogram i budżet projektu.
4. Po akceptacji powoływany jest zespół badawczy.
5. Następuje realizacja badań.
6. Akceptacja i zamknięcie projektu.
7. Rozliczenie projektu.

Na rysunku 4 zamieszczono szczegółowy schemat organizacji projektu badawczego-rozwojowego za pomocą graficznej notacji opisu procesów BPMN¹⁵.

Wyróżniono 3 typy uczestników projektu

1. Kierownika projektu.
2. Kierownika zespołu badawczego.
3. Pracowników naukowych.
4. Uczestników badań.

Między członkami zespołu występują wzajemne interakcje. Na wielu etapach realizacji projektu następuje jego ocena. Przedstawiony model był testowany i jest stosowany w Laboratorium inLAB.

¹⁴ <http://www.inlab.byd.pl>

¹⁵ https://pl.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Modeling_Notation

The diagram illustrates the design thinking process flowchart, organized into four horizontal lanes representing different roles and stages of the process.

Lane 1: Kierownik pracowni (Project Manager)

- Nowy zleceniodawca** (New client) leads to **Nawiązanie kontaktu ze zleceniodawcą** (Establishing contact with the client).
- Decyzja o podjęciu współpracy** (Decision on cooperation) follows. If **Negatywna** (Negative), the process ends. If **Pozytywna** (Positive), it leads to **Zainicjowanie projektu** (Initiating the project).
- Zainicjowanie projektu** leads to **Powołanie kierownika zespołu badawczego** (Appointment of the research team leader).
- Odbiór opisu projektu** (Receipt of project description) follows.
- Uruchomienie projektu** (Project start) leads to **Zamknięcie projektu** (Project closure).
- Rozliczenie projektu** (Project settlement) follows.
- Zatwierdzenie raportów** (Approval of reports) leads to **Ingerencja w przebieg badań** (Intervention in the course of research).
- Nadzór nad badaniami** (Supervision of research) follows.
- Jaka ocena realizacji?** (What is the evaluation of implementation?) leads to **Pozytywna** (Positive) or **Negatywna** (Negative). If **Negatywna**, it leads to **Ingerencja w przebieg badań**. If **Pozytywna**, it leads to **Zatwierdzenie raportów**.
- Jaka decyzja?** (What is the decision?) leads to **Pozytywna** (Positive) or **Negatywna** (Negative). If **Negatywna**, it leads to **Decyzja o podjęciu współpracy**. If **Pozytywna**, it leads to **Zainicjowanie projektu**.
- Czy uruchomiony projekt?** (Is the project launched?) leads to **Tak** (Yes) or **Nie** (No). If **Nie**, it leads to **Uruchomienie projektu**. If **Tak**, it leads to **Nadzór nad badaniami**.
- Powiadomienie** (Notification) and **Powiadomienie elektroniczne** (Electronic notification) are shown as dashed lines connecting the lanes.

Lane 2: Kierownik zespołu badawczego (Research Team Leader)

- Ustalenie zakresu badań** (Determination of the scope of research) leads to **Opracowanie harmonogramu i budżetu badań** (Preparation of the schedule and budget of research).
- Akceptacja przez kierownika pracowni** (Acceptance by the project manager) follows.
- Powołanie zespołu** (Appointment of the team) leads to **Przebieg badań** (Course of research).
- Raportowanie** (Reporting) follows.
- Przekazanie informacji drogą elektroniczną** (Transmission of information electronically) is shown as a dashed line connecting the lanes.
- Czy zaakceptowane?** (Is it accepted?) leads to **Tak** (Yes) or **Nie** (No). If **Nie**, it leads to **Akceptacja przez kierownika pracowni**. If **Tak**, it leads to **Powołanie zespołu**.

Lane 3: Pracownicy naukowcy (Scientists)

- Szkicowanie założeń systemu** (Sketching system assumptions) leads to **Prototypowanie ewoluacyjne i badania eksploracyjne** (Evolutionary prototyping and exploratory research).
- Tworzenie wersji finalnej prototypu** (Creating the final version of the prototype) follows.
- Przygotowanie raportu** (Preparation of the report) follows.
- Zespół rozpoczyna pracę** (The team starts work) is shown as a dashed line connecting the lanes.

Lane 4: Uczestnicy badań (Research Participants)

- Rekrutacja** (Recruitment) leads to **Instrukcja z wybranych narzędzi** (Instruction from selected tools).
- Zadania** (Tasks) follows, branching into **Laboratoryjne** (Laboratory) and **Terenowe** (Field).
- Jakie badania?** (What research?) is shown as a dashed line connecting the lanes.
- Narzędzia** (Tools) and **Wywiad grupowy, wywiad indywidualny, burza mózgów, modelowanie papierowe, sesje design thinking** (Group interview, individual interview, brainstorming, paper modeling, design thinking sessions) are shown as dashed lines connecting the lanes.

40

Podsumowanie

Niniejszy raport powstał w wyniku badań dotyczących prototypowania audiowizualnego. W trakcie badań udało się opracować ogólny model prototypowania interfejsów audiowizualnych (rozdział VI), który może być stosowany przez jednostki naukowe prowadzące projekty badawcze związane z tworzeniem interfejsów.

W rozdziale III-V przedstawiono algorytm szacowania pracochłonności w konsekwencji ogólnych kosztów związanych z realizacją projektu badawczego.

Specyfika każdej jednostki badawczej jest inna. Dlatego każda jednostka powinna we własnym zakresie zbierać dane/informacje na temat realizowanych projektów po to, żeby w przyszłości z dużą dokładnością szacować pracochłonność.

Koncepcje prototypowania interfejsów audiowizualnych omówiono w rozdziale drugim. Bardzo szczegółowy opis literatury związanej z prototypowaniem interfejsów audiowizualnych zamieszczono w rozdziale pierwszym.

Autorzy raportu mają nadzieję, że przedstawione w nim analizy przydadzą się innym jednostkom i pozwolą im bardziej efektywnie realizować swoje badania nad interfejsami.